

**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA DE LA ESPECIE  
SANGRE GALLINA *Vismia baccifera* (L) TRIANA Y PLANCH PROCEDENTE DEL  
BAJO CALIMA, MUNICIPIO DE BUENAVENTURA.**

**HERLY DANIELA BONILLA CESPEDES  
KAREN SULAY CALDERON FALLA**

**Trabajo de grado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero  
Forestal**

**Director**

**JULIO CESAR BERMUDEZ ESCOVAR  
Magister en Ciencias e ingeniería**



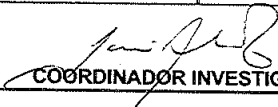
**Co-director**

**ALBERTO LONDOÑO ARANGO  
Magister en Tecnología de Productos Forestales**

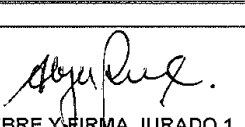
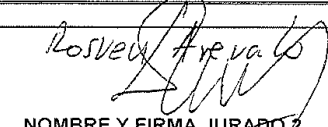
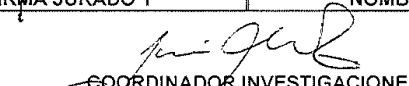
**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL  
INGENIERÍA FORESTAL  
IBAGUÉ-TOLIMA**

**2016**

<b>COMITÉ DE INVESTIGACIONES</b>				
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO</b>				
(Acuerdo Consejo de Facultad Ingeniería Forestal 355 de 2013)				
<b>TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO</b>				
Propiedades Físicas Y Mecánicas De La Madera De La Especie Sangre Gallina Vismia Baccifera (L) Triana & Planch Procedente Del Bajo Calima, Municipio De Buenaventura				
<b>NOMBRE DEL (LOS) ESTUDIANTE(S):</b>				
Herty Daniela Bonilla Céspedes				
<b>DIRECTOR</b>				
Julio Cesar Bermúdez Escovar y Alberto Londoño Arango				
<b>NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 1</b>				
Ingeniera Alejandra María Ramírez Arango				
<b>CALIFICACIÓN JURADO 1</b>	<b>Informe Escrito (65%)</b>	4.21	<b>Sustentación (35%)</b>	4.35
<b>NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 2</b>				
Ingeniero Rosven Libardo Arevalo Fuentes				
<b>CALIFICACIÓN JURADO 2</b>	<b>Informe Escrito (65%)</b>	4.35	<b>Sustentación (35%)</b>	4.30
<b>CALIFICACIÓN PONDERADA</b>	<b>Jurado 1</b>	4.3	<b>Jurado 2</b>	4.3
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>	4.3	<b>Reprobado</b>	<b>Aprobado</b>	
<b>Sobresaliente</b>	X	<b>Meritorio</b>	<b>Laureado</b>	
<b>RANGOS DE EQUIVALENCIA:</b>				
Calificación menor de tres cero (3.0)				
Calificación entre tres cero (3.0) y tres nueve (3.9)				
Calificación entre cuatro cero (4.0) y cuatro cuatro (4.4)				
Calificación entre cuatro cinco (4.5) y cuatro nueve (4.9)				
Calificación de cinco cero (5.0)				
<b>REPROBADO</b>				
<b>APROBADO</b>				
<b>SOBRESALIENTE</b>				
<b>MERITORIO</b>				
<b>LAUREADO</b>				
<b>OBSERVACIONES</b>				

<b>FIRMAS</b>	
 <b>NOMBRE Y FIRMA JURADO 1</b>	 <b>NOMBRE Y FIRMA JURADO 2</b>
 <b>COORDINADOR INVESTIGACIONES</b>	
<b>CIUDAD:</b> Ibagué	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN:</b> 25/08/2016

COMITÉ DE INVESTIGACIONES ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO (Acuerdo Consejo de Facultad Ingeniería Forestal 355 de 2013)				
<b>TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO</b> Propiedades Físicas Y Mecánicas De La Madera De La Especie Sangre Gallina Vismia Baccifera (L) Triana & Planch Procedente Del Bajo Calima, Municipio De Buenaventura				
<b>NOMBRE DEL (LOS) ESTUDIANTE(S):</b> Karen Sulay Calderón Falla				
<b>DIRECTOR</b> Julio Cesar Bermúdez Escovar y Alberto Londoño Arango				
<b>NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 1</b> Ingeniera Alejandra Maria Ramirez Arango				
<b>CALIFICACIÓN JURADO 1</b>	<b>Informe Escrito (65%)</b>	4.21	<b>Sustentación (35%)</b>	4.20
<b>NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 2</b> Ingeniero Rosven Libardo Arevalo Fuentes				
<b>CALIFICACIÓN JURADO 2</b>	<b>Informe Escrito (65%)</b>	4.35	<b>Sustentación (35%)</b>	4.30
<b>CALIFICACIÓN PONDERADA</b>	<b>Jurado 1</b>	4.2	<b>Jurado 2</b>	4.3
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>	4.3	<b>Reprobado</b>	<b>Aprobado</b>	
<b>Sobresaliente</b>	X	<b>Meritorio</b>	<b>Laureado</b>	
<b>RANGOS DE EQUIVALENCIA:</b> Calificación menor de tres cero (3.0) <b>REPROBADO</b> Calificación entre tres cero (3.0) y tres nueve (3.9) <b>APROBADO</b> Calificación entre cuatro cero (4.0) y cuatro cuatro (4.4) <b>SOBRESALIENTE</b> Calificación entre cuatro cinco (4.5) y cuatro nueve (4.9) <b>MERITORIO</b> Calificación de cinco cero (5.0) <b>LAUREADO</b>				
<b>OBSERVACIONES</b>				

FIRMAS	
 <b>NOMBRE Y FIRMA JURADO 1</b>	 <b>NOMBRE Y FIRMA JURADO 2</b>
 <b>COORDINADOR INVESTIGACIONES</b>	

<b>CIUDAD:</b> Ibagué	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN:</b> 25/08/2016
-----------------------	--

## **DEDICATORIA**

A mis padres Jesús Bonilla y Luz Gloria Céspedes, por haber hecho de mi sueño el propósito fundamental de sus vidas...este logro es de ustedes.

**Herly Daniela Bonilla Céspedes**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por su infinito amor, porque durante mi paso por la universidad conocí su verdad, y hoy gozosa puedo decir que mi tesoro esta en cielo junto a él. Este logro es parte del propósito que tiene con mi vida y el anhelo de mi corazón es caminar conforme a su voluntad.

A mi padre Alberto Calderón, una meta más para decirte gracias por darme el orgullo de ser quien soy.

A mi madre Esperanza Falla, la bondad, la paciencia, el apoyo incansable, la compañía en cada momento, la fortaleza y el eterno amor... gracias porque me impulsas a luchar por mis sueños.

A mis hermanos, porque me motivan y son luz en el camino.

A mi abuela Ofelia Suesca, porque tengo la mejor del mundo.

A Olga Velásquez, el cariño y aliento que nunca faltó.

A mis amigos Laura, Jenner, Paula, Herly, Paola “Niña Pava” y Guerly porque cada momento al final ha sido una sonrisa.

**Karen Calderón**  
**Josué 1:9**

## **AGRADECIMIENTOS**

Por estar presentes en diferentes momentos de este proceso, exponemos nuestros profundos agradecimientos a:

Ing. Julio Cesar Bermúdez Escovar

Ing. Alberto Londoño Arango

Ing. Alonso Barrios

Ing. Nelson Albarán Castro

Carol Fajardo García

Paola Andrea Pava Meza

Centro Forestal Tropical Bajo Calima

Y a todos nuestros compañeros, que fueron apoyo y verdadera compañía para llegar a alcanzar este logro.

## GLOSARIO

**CARGA:** Fuerza externa a la que está expuesta una pieza de madera.

**CARGA AL LÍMITE PROPORCIONAL:** Carga hasta la cual la deformación es reversible.

**CARGA MÁXIMA:** Carga a la cual se produce la falla.

**CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO:** Ensayo que mide la capacidad que tiene una pieza de madera para resistir fuerzas que traten de desplazar una de sus partes sobre la otra.

**COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS:** Ensayo que mide la resistencia de la madera a una carga en la dirección paralela a las fibras.

**COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS:** Ensayo que mide la resistencia que tiene la madera ante la aplicación de una carga en dirección perpendicular a las fibras.

**CONDICIÓN SECA AL AIRE:** Madera que ha alcanzado un contenido de humedad en condiciones de secado natural “al aire”.

**CONDICIÓN SECA AL HORNO:** Madera que se ha secado hasta un contenido de humedad del 0%, también se le conoce como en estado anhidro.

**CONDICIÓN VERDE:** Madera con un contenido de humedad superior al punto de saturación de las fibras (mayor del 30%).

**CONTENIDO DE HUMEDAD:** Es la cantidad total de agua en una pieza de madera, expresada generalmente en porcentaje del peso total de dicha pieza.

**CONTRACCIÓN:** Disminución en las dimensiones de una pieza de madera a causa de la pérdida de humedad.

**DEFORMACIÓN:** Es la alteración en forma y/o tamaño de una pieza de madera cuando se aplican las fuerzas o cargas.

**DENSIDAD:** Es un indicativo de cuanto material leñoso en unidades de masa presenta la madera, por unidad de volumen.

**DENSIDAD ANHIDRA:** Densidad basada en el peso seco al horno y el volumen seco al horno.

**DENSIDAD BÁSICA:** Densidad basada en el peso seco al horno y el volumen verde de una pieza de madera.

**DENSIDAD SECA AL AIRE:** Densidad basada en el peso seco al aire y el volumen seco al aire.

**DENSIDAD VERDE:** Densidad basada en el peso verde y el volumen verde.

**DUREZA:** Ensayo que mide la resistencia que opone la madera a la penetración, esta característica está muy relacionada con la densidad de la madera.

**ESFUERZO:** Fuerza interna que es capaz de resistir las diferentes fuerzas externas, las cuales tienden a cambiar la forma y/o tamaño de una pieza de madera.

**ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL (E.L.P.):** Esfuerzo máximo que puede soportar la madera sin deformarse.

**EXTRACCIÓN DE CLAVOS:** Ensayo que mide la fuerza necesaria para extraer un clavo de la madera, se tiene en cuenta el valor de dicha fuerza tanto en los planos longitudinales, como en el transversal.

**FLEXIÓN ESTÁTICA:** Ensayo que mide la resistencia a la deformación que opone una pieza de madera, generalmente una “viga”, cuando soporta cargas en direcciones no paralelas a su eje longitudinal.

**MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS:** Maquina semejante a una prensa, con la que es posible someter materiales a ensayos de tracción y compresión para medir sus propiedades.

**MÁXIMA RESISTENCIA:** Carga máxima que puede resistir una madera hasta el punto de falla.

**MÓDULO DE ELASTICIDAD (M.E.):** Indica la capacidad de la madera para recobrar su tamaño y forma originales después de ser removida la carga. Expresa la relación de



esfuerzos por unidad de área a la correspondiente deformación por unidad de longitud dentro del límite de proporcionalidad.

**MÓDULO DE RUPTURA (M.R.):** Máxima capacidad que tiene una probeta para soportar una carga gradual aplicada en un periodo corto de tiempo. Este es un esfuerzo aproximado, pues la fórmula para su cálculo emplea suposiciones validas únicamente hasta el límite elástico.

**MUESTRA:** Fracción de la probeta que se usa para el cálculo de contenido de humedad.

**PÉNDULO DINAMOMÉTRICO:** Péndulo empleado para determinar la tenacidad de un material.

**PLANO DE LA MADERA:** Dirección en que son observadas las células de la madera, al estar estas dispuestas de diferentes formas los planos pueden ser: longitudinal (tangencial y radial) y transversal.

**PLANO LONGITUDINAL:** Plano paralelo al eje del árbol.

**PLANO RADIAL:** Plano paralelo a los radios o perpendicular a los anillos de crecimiento.

**PLANO TANGENCIAL:** Plano tangencial a los anillos de crecimiento o perpendicular a los radios.

**PLANO TRANSVERSAL:** Plano perpendicular al eje del árbol.

**PROBETA:** Pieza de dimensiones y formas específicas que se prepara a partir de un bloque seleccionado para el estudio de las propiedades de la madera.

**RESISTENCIA:** Fuerza interna que genera la madera para oponerse a una fuerza externa.

**TENACIDAD:** Ensayo que mide la capacidad de la madera para resistir choques al impacto simple, realizando esfuerzos de corta duración que generan deformaciones o falla.

## CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCIÓN .....	16
<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	18
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE .....	19
1.2.1. Descripción Dendrológica.....	19
1.2.2. Características Generales de la Madera.. .....	20
1.2.3. Descripción Anatómica.....	20
1.2.4. Propiedades Físico-mecánicas .....	20
1.2.5. Usos de la Madera.. .....	22
1.3. PROPIEDADES FÍSICAS .....	22
1.4. PROPIEDADES MECÁNICAS .....	23
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
2.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	27
2.1.1. Localización.....	27
2.1.2. Geología.....	27
2.1.3. Suelos: .....	27
2.1.4. Hidrografía.....	29
2.1.5. Clima.. .....	29
2.2. PROCEDENCIA DEL MATERIAL .....	31
2.3. IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE .....	32
2.4. ELABORACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS .....	32

<b>2.5.</b>	<b>PRUEBAS DE LABORATORIO .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.1.</b>	<b>Propiedades Físicas.....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.2.</b>	<b>Propiedades Mecánicas.. .....</b>	<b>37</b>
<b>2.6.</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>48</b>
<b>2.7.</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE LA MADERA Y DEFINICIÓN DE USOS POTENCIALES .....</b>	<b>49</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y ANALISIS .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.</b>	<b>PROPIEDADES FÍSICAS .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.1.</b>	<b>Densidad. ....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Contracción Longitudinal.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1.3.</b>	<b>Contracción Radial y Tangencial.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1.4.</b>	<b>Contracción Volumétrica. ....</b>	<b>53</b>
<b>3.1.5.</b>	<b>Estabilidad Dimensional.. .....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.</b>	<b>PROPIEDADES MECÁNICAS .....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.1.</b>	<b>Resistencia a la Compresión Perpendicular.....</b>	<b>56</b>
<b>3.2.2.</b>	<b>Resistencia a la Compresión Paralela.....</b>	<b>56</b>
<b>3.2.3.</b>	<b>Flexión Estática. ....</b>	<b>57</b>
<b>3.2.4.</b>	<b>Cizallamiento Paralelo al Grano.....</b>	<b>58</b>
<b>3.2.5.</b>	<b>Dureza.....</b>	<b>59</b>
<b>3.2.6.</b>	<b>Extracción de Clavos.....</b>	<b>59</b>
<b>3.2.7.</b>	<b>Tenacidad.....</b>	<b>60</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	63
------------------------------	----

<b>REFERENCIAS</b> .....	64
--------------------------	----

## LISTA DE TABLAS

	Pag
<b>Tabla 1.</b> Factores de corrección (FC) por variación en 1% de contenido de humedad para ensayos mecánicos.....	48
<b>Tabla 2.</b> Resultados propiedades físicas y clasificación .....	51
<b>Tabla 3.</b> Resultados propiedades mecánicas (ajustados al 12% de humedad) y Clasificación .....	55

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag</b>
<b>Figura 1.</b> Diagrama de la curva “Carga-Deformación” .....	24
<b>Figura 2.</b> Localización del área de estudio .....	28
<b>Figura 3.</b> Distribución mensual de la temperatura en la región del Bajo Calima, Buenaventura (2000-2014) .....	30
<b>Figura 4.</b> Distribución mensual de la precipitación en la zona del Bajo Calima, Buenaventura. (2000-2014) .....	31
<b>Figura 5.</b> Apilado de probetas en el laboratorio .....	33
<b>Figura 6.</b> Determinación del volumen por desplazamiento de fluidos .....	34
<b>Figura 7.</b> Probetas empleadas para determinar contracciones transversales .....	36
<b>Figura 8.</b> Maquina Universal de Ensayos (A) y Péndulo Dinamométrico (B).....	37
<b>Figura 9.</b> Ensayo de resistencia a la compresión perpendicular .....	38
<b>Figura 10.</b> Ensayo de compresión paralela .....	39
<b>Figura 11.</b> Ensayo de flexión estática.....	41
<b>Figura 12.</b> Ensayo de cizallamiento paralelo al grano .....	43
<b>Figura 13.</b> Ensayo de dureza por el método Brinell.....	44
<b>Figura 14.</b> Ensayo de extracción de clavos .....	45
<b>Figura 15.</b> Ensayo de tenacidad.....	46